УДК 62–108.621.9.015

М.С. САЗОНОВА, канд. физ.-мат. наук, Днепропетровск, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ЗА СЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫБОРА ИНТЕРВАЛА КОРРЕЛЯЦИИ

На експлуатаційні показники готових виробів суттєво впливають точність мікрогеометрична параметрів деталей і шорсткість оброблених поверхонь. Дана стаття присвячена підвищенню точності оцінки шорсткості за рахунок оптимального числа вимірів за параметром середньоарифметичного відхилення профілю (R_a) і вибору інтервалу кореляції для різних кореляційних функцій.

На эксплуатационные показатели готовых изделий существенно влияют точность микрогеометрических параметров деталей и шероховатость обработанных поверхностей. Данная статья посвящена повышению точности оценки шероховатости за счет оптимального числа измерений по параметру среднеарифметического отклонения профиля (R_a) и выбора интервала корреляции для различных корреляционных функций.

At the operational performance of finished products significantly affect the accuracy of microgeometrical parameters of details and roughness of the machined surfaces. This paper focuses on improving the accuracy of roughness estimates due to the optimal number of dimensions of arithmetic average roughness parameter (R_a) and the choice of correlation interval for various correlation functions.

Для нерегулярной шероховатости, свойственной большинству финишных операций, параметр R_a носит статистический характер. Ограниченность трассы измерения приводит к большому разбросу при определении параметра R_a [1,2]. В связи с этим необходимо установить длину трассы и число измерений, обеспечивающих получение результата с заданной точностью.

В работах [3, 4] выведены зависимости для определения числа измерений параметра R_a. При этом профиль шероховатости рассматривался как реализация стационарного нормального случайного процесса *h(x) c* непрерывной корреляционной_функцией.

Выборочное среднее R_a, полученное вследствие экспериментального определения R_a, согласно предельной теореме, будет иметь асимптотически нормальное распределение. Из уравнения вероятности

$$|\bar{R}_a - E\{R_a\}| \le t_\beta \sigma_{\bar{R}_a} = t_\beta \sqrt{\frac{D\{R_a\}}{n}} \qquad (1)$$

можно определить необходимое количество измерений n при заданной погрешности ε и доверительной вероятности β:

$$n = \frac{t_\beta^{\ 2}}{\varepsilon^2} \cdot \frac{D\{R_a\}}{E^2\{R_a\}}, \qquad (2)$$

где ε – заданная погрешность;

t_β – табулированная величина, зависящая от доверительной вероятности β [5];

$D\{R_a\}$ – дисперсия параметра R_a;

$E\{R_a\}$ – математическое ожидание R_a.

Следовательно, для определения необходимого числа измерений параметра R_a нужно знать математическое ожидание и дисперсию этого параметра.

Для расчета дисперсии нужно знать двумерную плотность распределения случайных величин, которое содержит нормированную корреляционную функцию. Согласно этому утверждению, дисперсия параметра R_a определяется как быстро сходящийся ряд [3, 4]:

$$D\{R_a\} = \frac{4\sigma^2}{L^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{(2i)!} \left[\Phi^{(2i-1)}(0)\right] \cdot \int_0^1\!\!\int \rho^{2i}(x_2 - x_1)\, dx_1 dx_2\,, \qquad (3)$$

где $\rho(x_2 - x_1)$ – нормированная корреляционная функция профиля шероховатости, зависящая от расстояния между сечениями с координатами x_1 и x_2.

Как видно, суммирование происходит по четным степеням ρ, поскольку члены с нечетными степенями равны нулю. В общем случае суммирование можно провести по всем членам ряда и двойной интервал тогда будет иметь следующий вид:

$$I = \int_0^L \int \rho^i (x_2 - x_1) dx_1 dx_2 .$$

Поскольку ряд (3) быстро сходится, без существенной потери точности можно ограничиться первым членом ряда.

Для того чтобы выяснить влияние корреляционной функции па необходимое число базовых длин при измерении параметра R_a, рассмотрим интеграл от корреляционной функции при i=1:

$$I = \int_0^L \int \rho (x_2 - x_1) dx_1 dx_2 . \tag{4}$$

Двойной интеграл (4) преобразуется к однократному при помощи замены переменной x_2 на $\tau = x_2 - x_1$ [6]. В результате замены переменной получаем

$$I = \int_0^L \int \rho (x_2 - x_1) dx_1 dx_2 = \int_0^L (L - \tau)[\rho(\tau) + \rho(-\tau)] d\tau.$$

Поскольку функция $\rho(\tau)$ четная, т. е. $\rho(\tau) = \rho(-\tau)$, то

$$I = \int_0^L \int \rho(\tau) dx_1 dx_2 = 2\int_0^L (L - \tau)\rho(\tau) d\tau. \tag{5}$$

Интеграл (5) можно переписать следующим образом:

$$I = 2L\int_0^L \rho(\tau) d\tau - 2\int_0^L \tau\rho(\tau) d\tau. \tag{6}$$

Анализ выражения (6) показывает, что при значениях L, соответствующих реальным базовый длинам, без существенной потери точности можно пренебречь вторым интегралом, т. е.

$$I \approx 2L\int_0^L \rho(\tau) d\tau. \tag{7}$$

Для стационарного случайного процесса можно указать такую длину или интервал τ_k, для которого при $\tau > \tau_k$, случайные величины можно считать некоррелированными. Величину τ_k называют интервалом, или глубиной корреляции. Интервал корреляции определяется как ширина основания прямоугольника единичной высоты, площадь которого равна площади под кривой коэффициента корреляции [7], т. е.

$$\tau_k = \int_0^\infty \rho(\tau) d\tau. \tag{8}$$

При достаточно больших L (равных базовым длинам) можно принимать, что интеграл (7) приближенно выражается через интервал корреляции:

$$I \approx 2L\tau_k. \tag{9}$$

Исходя из этого можно сделать вывод о том, что дисперсия параметра R_a и необходимое число измерений (2) зависят от интервала корреляции.

Поскольку число измерений R_a пропорционально интервалу корреляции, наибольшее число n будет при корреляционной функции $\rho(\tau) = \dfrac{1}{1+\gamma^2\tau^2}$, наименьшее – при $\rho(\tau) = e^{-\alpha^2\tau^2}$.

Выводы:

1) Для определения необходимого числа измерений были использованы корреляционные функции двух типов: монотонно убывающие и убывающие с периодической составляющей, свойственные нерегулярной шероховатости. Каждая из этих функций характеризуется своим интервалом корреляции и, следовательно, дает различное число необходимых измерений.

2) Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что число измерений R_a зависит не от типа корреляционной функции как таковой, а от величины интервала корреляции.

Список использованных источников: **1.** *Хусу А.П.* Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Виттенберг, В.А. Пальмов. М.: Наука. 1975. – 438с. **2.** *Одитис И. А.* Исследование погрешности определения среднего арифметического отклонения R_a, в зависимости от длины трассы измерения. – В кн.: Микрогеометрия и эксплуатационные свойства машин. Рига: «Зинатие», 1992. – 374 с. **3.** *Сазонова М.С.* Повышение точности определения периоди-ческих составляющих микропрофиля обрабо-танных ультрапрецизи-онных поверхностей / М.С.Сазонова, Е.Е.Запорожченко, С.Н. Лавриненко, А.Г.Мамалис // Сучасні технології в машино-будуванні: зб. наук. праць.– Х.:НТУ"ХПІ", 2010. – Вип. 5. – С. 209-217 **4.** *Лавриненко С.Н.* Анализ микрогеометрического профиля поверхностей ультрапрецизионных полимерных изделий / С.Н. Лавриненко, Е.Е. Запорожченко, М.С. Сазонова, А.Г. Мамалис // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук.праць. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – Вип. 1 (21). – С. 151–156.